

OULUN SEUDUN
AMMATTIKORKEAKOULU



Ilari Vitikainen

MUSTI-PROJEKTIN LAITTEISTOSUUNNITTELU

MUSTI-PROJEKTIN LAITTEISTOSUUNNITTELU

Ilari Vitikainen
Opinnäytetyö
Kevät 2011
Tietotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

OULUN SEUDUN AMMATTIKORKEAKOULU TIIVISTELMÄ

Koulutusohjelma	Opinnäytetyö	Sivuja	+	Liitteitä
Tietotekniikka	Insinöörityo	44	+	3
Suuntautumisvaihtoehto	Aika			
Elektroniikkasuunnittelu	2011			
Työn tilaaja	Työn tekijä			
Manne Hannula	Ilari Vitikainen			
Työn nimi				
MUSTI-projektin laitteistosuunnittelu				
Avainsanat				
Chronos, MUSTI, CC430F6137, MSP 430				

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja kehittää sykemittarin laitteistoa hyvinvointiteknologian MUSTI-projektin tarpeisiin sopivaksi. Projektin tavoitteena oli kehittää kuntosaliharrastajien käyttöön mittalaite, joka perustuu maksimivoimateknologiaan. Laitteen päätarkoituksena oli mitata voimaharjoittelua ja analysoida sitä. Tavoitteena oli saada aikaan markkinoille uusi ja innovatiivinen mittalaite, joka olisi kilpailukykyinen ja tarjoaisi uusia ominaisuuksia muihin markkinoilla oleviin mittalaitteisiin verrattuna. Laitteistosuunnittelun oli tarkoitus mahdollistaa mittalaitteelle ominaisuudet, jotka olisivat tarpeellisia innovatiivisen ja kilpailukykyisen tuotteen aikaansaamiseksi.

Laitteistosuunnittelussa perehdyttiin aluksi Chronos eZ430-sykemittarin ominaisuuksiin, jotta uusien ominaisuuksien kartoitus olisi helpompaa. Laitteen jatkokehitystä varten tehtiin erilaisia kartoituksia, missä pyrittiin löytämään oikeat komponentit ja ratkaisut projektin tarpeisiin.

MUSTI-projektin Chronos eZ430 -sykemittariin ei aiemmin ollut tehty laitteistomuutoksia. Keskeisessä osassa laitteistokehityksessä oli prototyypin kehitys, missä tuotekehityksen resursseja ja oikeaa suuntaa kohdennettiin. Toisin sanoen opinnäytetyön kartoitusten perusteella ohjattiin tuotekehitystä löytämään mahdollisimman edulliset ja toimivat ratkaisut lopputuotteen kannalta. Monet opinnäytetyössä käsitellyt kartoitukset tukevat tuotekehitystä myöhemminkin. Kun tuotteen ominaisuudet vahvistetaan, voidaan käyttää valmiita tutkimuksia apuna jatkokehityksessä.

OULU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES ABSTRACT

Degree programme	Thesis	Number of pages	+	Appendices
Information Technology and Telecommunications	B.Sc.	44	+	3
Line	Date			
Electronic designing	2011			
Commissioned by	Author			
Manne Hannula	Ilari Vitikainen			
Thesis title				
Hardware designing of MUSTI- project				
Keywords				
Chronos, MUSTI, CC430F6137, MSP 430				

The purpose of this thesis was to design and develop heart rate monitor's hardware for needs of MUSTI project. Priority of this project was to develop a maximum strength technology-based instrument for gym enthusiasts. The main purpose of this instrument is to measure and analyze weight training. The purpose of hardware designing was to enable properties in the future that will be necessary for innovative and competitive instrument.

The first step of hardware designing was to familiarize Chronos eZ430 properties so the new properties of the product would be easier to develop. Different kind of mappings was made to discover right components and solutions for needs of this project.

This is the first time that hardware changes were made to MUSTI project's heart rate monitor eZ430. The main point of hardware designing was prototype-based product development that guides resources and right direction of designing. In other words mappings of this thesis guides to discover potential and functional conclusions for the final product. Many mappings of this thesis will support product development in the future. When properties of this instrument become known we will be able to use these researches as help for extension development.

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyö on tehty Oulun seudun ammattikorkeakoulun tekniikan yksikössä hyvinvointiteknologian MUSTI-projektissa. Työ on osa MUSTI-projektin tuotteen kehittämistyötä ja osa-alueena on ollut MUSTIn laitteiston suunnittelu ja kehitys.

Kiitokset haluan esittää MUSTI-projektissa mukana olleille henkilöille, joiden kanssa tiimityöskentely on ollut mukavaa ja kannustavaa. Erityiskiitokset yliopettaja Ensio Siepille ohjauksesta työn edetessä ja tutkijayliopettaja Manne Hannulalle työn tilauksesta. Työ on ollut omiaan kehittämään ja täydentämään nykyisiä tietojani ja taitojani elektroniikkasuunnittelussa. Olen oppinut myös paljon uutta laitesuunnittelusta ja uuden tuotteen kehittämisestä kilpailukykyiseksi tuotteeksi markkinoille.

Oulussa 21. toukokuuta 2011

Ilari Vitikainen

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ	5
1 JOHDANTO	7
2 CHRONOS EZ430	9
3 TUTUSTUMINEN LAITTEISTOON	10
4.1 Kellon liitännät ja niiden toiminta	10
4.2 Kellon virtalähde ja antenni	12
4.3 Kellon mikrokontrolleri	13
4.4 Kellon piirikaavio	13
4.5 Kellon muisti	15
4 MUSTIN LISÄLAITTEEN KARTOITUS	16
5 LED-KARTOITUS	22
6 MIKROKONTROLLEREIDEN VERTAILU	25
7 MUISTIKARTOITUS	34
8 YHTEENVETO	40
LÄHTEET	43
LIITTEET	45

1 JOHDANTO

MUSTI-projektissa kehitettävän mittalaitteen perustana oli Texas Instrumentsin valmistama Chronos eZ430 -sykemittari, jonka ohjelmisto- ja laitteistodokumentit olivat vapaassa käytössä uusien innovaatioiden kehittämistä varten. Opinnäytetyössä Chronoksen laitteistoa oli tarkoitus kehittää MUSTI-projektin tarpeeseen sopivaksi. Mittalaitteen kehitykseen osallistui opiskelijoita ja opettajia useista OAMK:n yksiköistä ja myös Lapin yliopiston teollisen muotoilun koulutusohjelman opiskelijat olivat mukana kehittämässä tuotteen ulkonäkötekijöitä.

Laitteen tuominen markkinoille tulevaisuudessa oli jo tiedossa, kun opinnäytetyö aloitettiin. Oli hyvä, että projektissa oli alusta alkaen mukana eri alojen osajia, niin opettajia kuin oppilaitakin. Näin saatiin monipuolisesti tietoa projektiin liittyvistä haasteista ja niiden erilaisista ratkaisuvaihtoehdoista. Alussa päätettiin järjestää ohjelmisto- ja laitteistopuolen kesken viikoittaiset palaverit, joissa käytiin läpi ilmenneitä ongelmia ja viikkotavoitteita.

Tuotteen laitteiston suunnittelu ja kehitys oli opinnäytetyössä uusien teknisten yksityiskohtien kartoittamista ja yksi tärkeä osa-alue oli tutkia, miten laite saataisiin PC-riippumattomaksi. Työssä monet tutkitut osa-alueet ovat ratkaisuja, joita voidaan käyttää myöhemmin haluttujen ominaisuuksien saavuttamiseksi tuotteeseen. Haasteita tuotteen laitteistosuunnitteluun toivat lukuisat uudet ominaisuudet, joita lopputuotteeseen haluttiin. Lisäksi tuote haluttiin suunnata laajalle käyttäjäkunnalle koostuen niin aloittavista kuntosaliharjoittelijoista kuin ammattilaisistakin. Tämä asetti omat haasteensa tuotesuunnittelulle.

Kun opinnäytetyössä aloitettiin MUSTI-projektin mittalaitteen laitteistokehitys syksyllä 2010, oli projektiin liittyen valmistumassa jo muutama päättötyö ja kehitystyötä oli tehty vuodesta 2004 alkaen. Laitteesta oli aluksi langallinen prototyyppi, joka sittemmin kehitettiin langattomaksi. Laitteeseen oli myös

kehitetty MATLAB-ohjelmistolla suunniteltu algoritmi vuoden 2010 aikana ja sen avulla mitattavat liikesarjat tunnistettiin paremmin. Opinnäytetyön aloituksen aikaan aloitettiin myös päättötyö, jossa MATLAB- algoritmi käännettiin C-koodiksi. MATLAB-ohjelmiston avulla toteutettu koodi oli käytännöllinen signaalinkäsittelyssä, mutta MATLAB-ohjelmisto satoi kuitenkin laitteen PC-ympäristöön. Ohjelmisto oli PC-pohjainen ja liian suuri integroitavaksi mittalaitteeseen. Myös laitteen antama palaute suorituksista tuli PC:ltä wav-äänitiedostona. PC-riippumattomuus ja laitteen uusien ominaisuuksien kartoitus vaativatkin tarkempaa perehtymistä laitteen laitteistopuoleen.

Tärkeänä osana uuden tuotteen suunnittelussa oli tuotteen ulkomuoto, jota aloitusvaiheessa ei ollut vielä muuteltu Chronos -sykemittarin alkuperäisestä mallista. Ulkomuoto oli kuitenkin tarkoitus suunnitella täysin uusiksi Lapin yliopiston teollisen muotoilun opiskelijoiden toimesta. Tämä asetti myös haasteita laitteen laitteiston suunnittelulle. Valmiin tuotteen piti erottua edukseen muihin markkinoilla oleviin tuotteisiin verrattuna ja lisäksi tuotteeseen piti suunnitella varmatoiminen laitteisto tarvittavilla ominaisuuksilla. Silti laitteen paino ja koko eivät saaneet kasvaa liikaa. Integrintiaste valmiissa tuotteessa tuli olemaan korkea.

Syksyn ja talven 2010 - 2011 aikana MUSTI-projektiin lähti mukaan myös uusia opiskelijoita tekemään opinnäytetyötä tai projektiopintoja. Yhteisiä viikoittaisia palavereita alettiin myös pitää (joulukuussa 2010) tekniikan yksikön ryhmän kesken. Lisäksi otettiin käyttöön ohjelmisto (sharepoint), jossa projektiin liittyvää materiaalia voitiin jakaa netissä ja sopia tulevista asioista. Palaverit ja ohjelmisto helpottivatkin päämäärien kartoituksessa ja niiden toteutuksessa.

2 CHRONOS EZ430

Kehitettävän laitteen ytimenä toimii Texas Instrumentsin valmistama Chronos eZ430-sykemittari, jossa on langaton lähetyvastaanotin. Kehitystyön kannalta olennaista oli laitteen vapaassa käytössä olevat ohjelmisto- ja laitteistodokumentit, jotka mahdollistivat laitteen kehittämisen projektin tarpeisiin sopivaksi. Monet markkinoilla olevat valmiit ratkaisut on suojattu patenteilla tai niistä on vaikea löytää tarvittavia tietoja. Tässä suhteessa Chronos oli ideaalinen kehitysympäristö tähän projektiin.

Chronoksessa on lukuisia ominaisuuksia, joita tarvitaan tässä projektissa. Kellossa on 96-segmenttinen LCD-näyttö (Liquid Crystal Display), jolla voidaan näyttää numeroiden lisäksi 7-segment näytöllä muodostettavia kirjaimia ja kellon eri tiloja. Chronoksella voidaan seurata langattoman anturiverkon tietoja ja kellossa on valmiiksi integroituna useita antureita. 3-akselinen kiihtyvyysanturi on tärkein anturi projektin kannalta, koska sillä voidaan selvittää paikkatieto mitattavista liikesarjoista. Lisäksi integroituna ovat paineanturi, pariston keston ilmoittava jänniteanturi ja lämpötila-anturi. Kello-osan perustoimintoihin kuuluvat ajan ja päivämäärän näyttö, hälytystoiminto, ajanotto ja lisäksi näitä voidaan päivittää ja synkronoida langattomasti, kuten monia muitakin laitteen toimintoja. Laitteella voi mitata sykettä ja nopeutta erikseen tilattavilla anturivöillä. Myös kalorikulutus ja kuljettu matka saadaan mitattua. Kaikkia tietoja voidaan tallentaa kellon sisäiseen muistiin ja siirtää edelleen PC:lle. (1, s.8.)

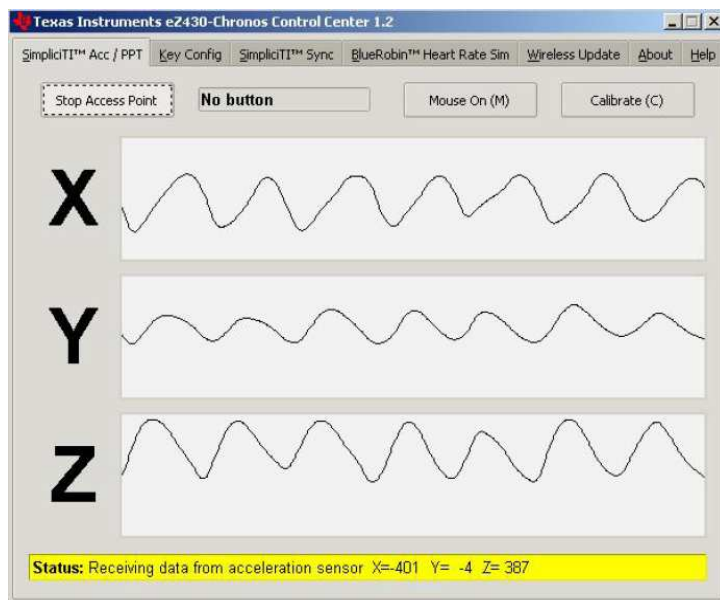
Chronoksen peruspaketti sisältää kello-osan lisäksi ohjelmointi- ja debuggeriliittymän. Tähän tarvittavat osat, eZ430-RF USB debuggeri-sovitin ja CC1111 USB RF, tulevat paketissa. Lisäksi paketissa on kellon avaamiseen tarvittavat ruuviavaimet ja kattava ohjelmisto, jotka sisältävät dokumentaation ja ohjelmistokehityksen työkalut. Kellon monet ominaisuudet ovatkin ohjelmoitavissa mukana tulevan ohjelmiston avulla. (1, s. 11 -12.)

3 TUTUSTUMINEN LAITTEISTOON

MUSTI-projekti aloitettiin tutustumalla Chronos eZ430 -kellon nykyiseen laitteistoon ja ohjelmistoon. Ensimmäiseksi muodostettiin yhteys kellon ja tietokoneen välille.

3.1 Kellon liitännät ja niiden toiminta

Yhteyden muodostamiseksi asennettiin mukana tulevalta DVD-levyltä ohjelmisto PC:lle. CC1111 RF access point -osa kytkettiin USB-porttiin ja annettiin PC:n asentaa tarvittavat ajurit. Control Center -ohjelmisto avattiin PC:llä ja käynnistettiin "start access point". Käytettävä portti tietokoneella oli com7. Tämän jälkeen sykemittarista painettiin tähti-näppäintä ("*") ja saatiin näkyviin XYZ-akselit Control Centerissä, mikä näkyy kuvassa 1. Sitten kellosta painettiin ruutu-näppäintä ("#") ja saatiin ACC-tila kellossa käyttöön. Lähetytila käynnistettiin kellosta "DOWN"-näppäimellä. Yhteys tietokoneen ja kellon välille muodostui sekunneissa, ja tämän jälkeen voitiin kellon lähettämää kiihtyvyyssanturin dataa seurata Control Center ohjelmistosta.



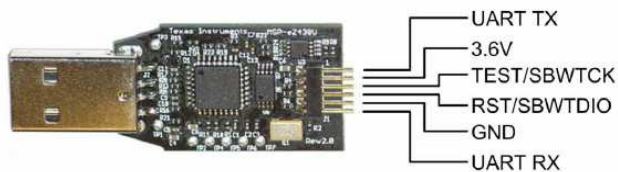
KUVA 1. eZ430 Chronos (1, s. 14)

Chronos eZ430 -kello-osan avaaminen oli seuraava työvaihe. Kellon kuoriosassa oli helppo avata mukana tulevilla työkaluilla. Kuvassa 2 on kellomoduuli irrotettuna kuoriosasta.



KUVA 2. Kellomoduuli (1, s.55)

Kellon uudelleen ohjelmointi tapahtuu tarvittaessa JTAG-liitännän kautta (Joint Test Action Group), joka näkyy kuvassa 2. Starttipaketin eZ430 debuggeri-sovitin (kuva 3) kytketään tällöin JTAG-liitäntään ja sovitin edelleen tietokoneen USB-porttiin (Universal Serial Bus). (1, s.60.)



KUVA 3. Chronos EZ430 Debuggeri-sovitin ja JTAG-liittimen tiedot (1, s.60)

Langattoman yhteyden luomiseen käytettävä CC1111 USB-RF-osa on rakennettu myös hyvin kompaktiksi kokonaisuudeksi. CC1111F32-kontrolleri ohjaa osaa ja käytettävä taajuus laitteen lähetin vastaanottimella on < 1GHz. Pienen koon takia tässä osassa ei ole JTAG-liitäntää uudelleen ohjelmointia varten. Piirin pohjapuolelle on tehty pädit, joihin voidaan liittää juottamalla johdot debuggeri-sovittimen JTAG-väyläjohtoa varten. Kuvassa 4 on RF-osa molemmilta puolilta kuvattuna. (1, s.59.)



KUVA 4. Chronos eZ430 RF-osa ja debuggeri- liitäntäpädit (1, s.59)

3.2 Kellon virtalähde ja antenni

Kello-osan virtalähteenä toimii paristo, ja se on sijoitettu näytön ja piirilevyn taakse kuvan 5 mukaisesti. Lisälaitteiden integrointia ajatellen juuri virrankulutus on keskeisessä osassa. Kello-osan oma virrankulutus on kellon käyttötilasta riippuen hyvin vähäistä ja komponenttiratkaisuina on käytetty erittäin vähän virtaa kuluttavia osia. Jatkossa, kun kelloon tullaan integroimaan lisäosia, on tarpeen miettiä, olisiko virtalähteenä mahdollista käyttää esimerkiksi ladattavaa akkua riittävän käyttöajan turvaamiseksi.



KUVA 5. Chronos eZ430 ja pariston sijoitus (1, s.56)

Kellomoduulissa langattoman yhteyden mahdollistavana antennina toimii näyttöä ympäröivä metallikehys kuvan 6 mukaisesti.(1, s.57.) Metallikehys on huomioitava, jos kellon ulkoiseen muotoon tehdään muutoksia, jotta antennin riittävä lähetys- ja vastaanottoteho saavutetaan.



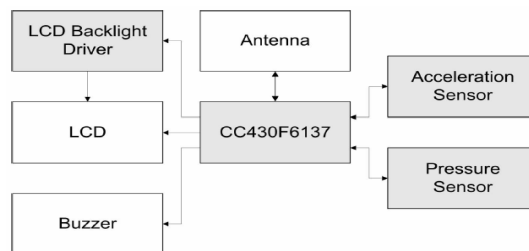
KUVA 6. Kellon näyttö ja sitä ympäröivä antenni (1,s.57)

3.3 Kellon mikrokontrolleri

Kellon ytimenä ja toimintoja ohjaavana yksikkönä toimii mikrokontrolleri CC430F6137. Se on Texas Instrument CC430 -tuoteperheen erittäin vähän virtaa kuluttava System-On-chip -mikrokontrolleri. Kontrollerin arkkitehtuuri yhdistettynä viiteen virransäästötilaan mahdollistaa erittäin pienen virrankulutuksen ja optimoi pariston keston mahdollisimman pitkäksi.

Kontrollerin ytimenä on tehokas MSP430 RISC CPU (Central Processing Unit). 16-bittiset rekisterit ja koodigeneraattorit mahdollistavat koodin tehokkaan käytön. Mikrokontrolleri sisältää integroituna muun muassa näytönohjauksen ja RF-lähettimen. Kontrolleri ohjaa lähes kaikkea Chronoksen toimintoja. CC430F6137-kontrollerin lisäksi IC-piirejä (Integrated Circuit) on LCD-näytön taustavalaisua, kiihtyvyysanturia ja paineanturia varten. Kuvassa 7 näkyvät tummempana osiot, joissa on oma IC-piiri.

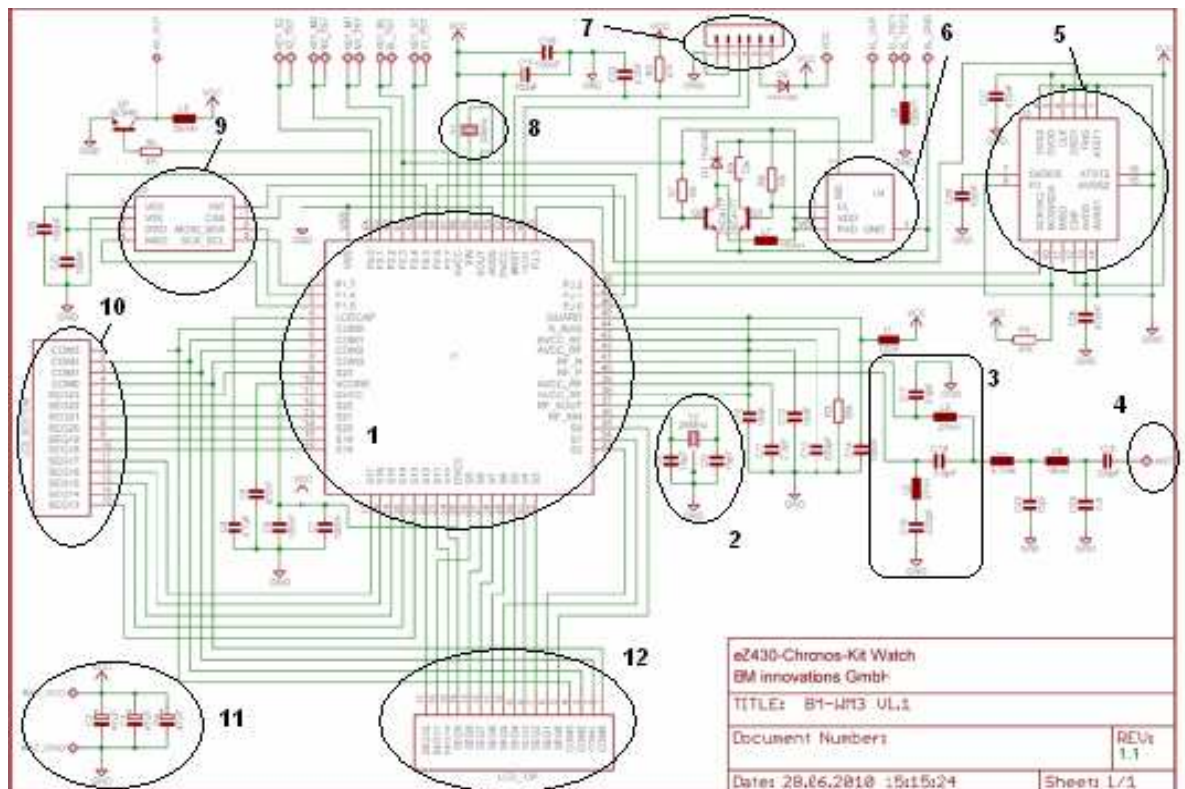
(1, s.57.)



KUVA 7. Chronos eZ430 lohkoakaavio (1,s.57)

3.4 Kellon piirikaavio

Mikrokontrollerin jälkeen oli vuorossa Chronoksen kello-osan piirilevyn tutkiminen. Piirilevyn tärkeimmät osat on esitelty kuvassa 8. Piirilevy koostuu neljästä kerroksesta ja komponentit ovat integroituna pääosin levyn LCD-näytön puoleiselle kerrokselle. Piirilevyn kerroksien paksuus on 0,6 mm ja kerroksien väliset yhteydet on muodostettu monilla läpivienneillä (VIA). (1, s.67.) Koulun laitteistolla on työsty Chronoksen kello-osan piirilevyt kokeeksi ja ne onnistuivat hyvin. Jatkossa jos piirilevy joudutaan suunnittelemaan uusiksi, uusien osien integroimista varten, on koulun laitteistolla mahdollisuus tehdä 4-kerrospiirilevy tähän tarkoitukseen.



KUVA 8. Chronos eZ430 piirikaavio (1,s.61)

Seuraavaksi ovat esiteltynä kuvan 8 piirikaaviosta olennaisimmat kohdat.

- 1.Mikrokontrolleri CC430 F6137IRGC
- 2.Kide 1 ja sen sovitukseen liittyvät kondensaattorit
- 3.Balun, joka sovittaa balansoidun linjan balansoimattomaan linjaan ja eristää antennin syöttöjohdon antennista.
- 4.Antenniliitäntä
- 5.Paineanturi
- 6.EL-ohjain, näytön taustavalon kontrollointiin
- 7.JTAG-liitin (Joint Test Action Group)
Jos halutaan käyttää vähemmän pinnejä liittämiseen, käytettävissä on SpyBi-Ware- liitäntä eli 2-johtimillinen JTAG-liitin.
- 8.Kide 2
- 9.Kiihtyvyysanturi
- 10.LCD-näytön liitäntä
- 11.Virransyöttö paristolta
- 12.LCD-näytön liitäntä

3.5 Kellon muisti

Chronos eZ430-muisti on sijoitettu kellon piirillä olevaan CC430F6137-mikrokontrolleriin. Ohjelmamuistina toimii suuruudeltaan 32kB flash-muisti ja RAM-muistia on 4 kilobittiä (7, s.18.). Muistia voidaan ohjelmoida JTAG-portin ja liitännän Spy-Bi-Wire (SBW) kautta tai järjestelmän sisäisesti CPU:n toimesta (Central Processing Unit). CPU voi kirjoittaa muistiin yksittäisiä bittejä tai sanoja tai pidempiä sanoja (long). (7, s.19.)

Flash-muistissa on n-määrä segmenttejä päämuistille ja neljä segmenttiä informaatiomuistille (Info A–D), joista jokainen on kooltaan 128 bittiä. Päämuistin segmenttien koot ovat 512 bittiä jokainen. Segmentit 0–n voidaan poistaa kerralla tai yksittäin. Segmentit A–D voidaan myös poistaa kerralla tai yksittäin kuten päämuistin segmentit. Segmentti A voidaan myös lukita erikseen. (7, s.19.)

RAM-muisti on muodostettu n-määrästä sektoreita ja muisti tyhjenee aina, kun virta katkaistaan. Sektoreiden koko on 2 kilotavua ja jokainen sektori 0–n voidaan kytkeä pois päältä, jolloin myös muisti tyhjenee. Automaattisesti virransäästötila käynnistyy sektoreilla, kun niitä ei käytetä. (7, s.19.)

Chronos eZ430 -sykemittarin muisti on vähäinen ja tulevat sovellukset eivät välttämättä tule mahtumaan muistiin. Lisämuistin integroiminen kelloon on välttämätöntä. Opinnäytetyössä pohdittiin, että urheiluharjoituksen palautteen antaminen kellon summerin kautta ei ole hyvä ratkaisu. Lisäksi esille nousi ajatus, että muistilaajennuksen yhteydessä voitaisiin kelloon integroida ylimääräinen osa, jossa olisi tarvittavat laitteiston laajennukset olemassa. Tässä lisäosassa voisi olla myös Mp3- toisto lisäominaisuutena.

4 MUSTIN LISÄLAITTEEN KARTOITUS

Seuraavana ryhdyttiin kartoittamaan mahdollisuutta lisälaitteelle, jossa olisi Mp3 toisto-ominaisuus ja tarpeeksi muistia projektin tarpeisiin. Laitteiden vertailukriteereinä olivat hinta ja ominaisuudet. Laitteen integroiminen kelloon toteutettaisiin langattomasti ja alkuvaiheessa laitteesta voisi olla olemassa prototyyppi, joka kulkisi mukana esim. treenikassissa. Tulevaisuudessa tarvittavat ominaisuudet pyritään integroimaan samaan kello-osan kanssa, jolloin joudutaan luultavasti suunnittelemaan kello-osa täysin uusiksi, piirilevyn korkean integrointiasteen vuoksi.

Lisälaitteen on tarkoitus mahdollistaa äänipalaute harjoituksista esimerkiksi puheena ja tuoda tulevaisuuden integroinneille lisää tilaa. Optiona lisäosassa olisi muun muassa Mp3-soitin ja riittävästi muistikapasiteettia tulevaisuuden sovelluksille. Jotta tarvittava muisti ja Mp3-ominaisuudet olisivat mahdollisia, kartoitettiin markkinoilla jo olevia kompakteja Mp3-soittimia. Koko, hinta ja ominaisuudet olivat karsivina tekijöinä. Lisäksi ryhdyttiin tutkimaan mahdollisuuksia saada laitteista datalehtiä, jotka olisivat riittävän kattavia laitteen integrointia silmällä pitäen. Tämä osoittautuikin melkoiseksi haasteeksi, koska monien laitteiden valmistajilta ei ollut saatavilla kuin ohjekirjoja tai huollon datalehtiä. Materiaaleista ei ollut saatavissa riittäviä piirikaavio- tai komponenttitietoja integrointia ajatellen. Palaverissa pohdittiin, halutaanko lisälaitteesta välttämättä integroitava vai esimerkiksi treenikassiin sijoitettava laite.

Integroitavan laitteen tapauksessa Chronoksen eZ430-sykemittariin integroitaisiin kiinteästi uusi osa. Tällöin yhteys näiden laitteiden välillä olisi tehty piiritasolla. Kuva 9 havainnollistaa tilannetta, jossa Cronos ja lisälaite olisi rakennettu yhteisiin kuoriin ja yhteydet laitteiden välillä muodostettu kiinteästi.



KUVA 9. Osat integroituna yhteen (2)

Erillislaitteen tapauksessa laitteet yhdistettäisiin joko langallisesti tai langattomasti toisiinsa. Tässä tapauksessa Chronos eZ430 olisi erillään uudesta osasta. Kuvassa 10 on erillislaitte, johon tarvittavat lisäominaisuudet kuuluvat, ja kuvassa 11 Chronos eZ430 -sykemittari.



KUVA 10. Erillislaitte (3)



KUVA 11. Chronos eZ430 (1,s.8)

Lisälaitteeseen voisi kytkeä esimerkiksi musiikin kuuntelua varten kuulokkeet, kuten kuvan 10 laitteessa on tehty. Langallisessa mallissa johtojen sijoittelu kulkisi paidan alla, jolloin johdot eivät olisi tiellä urheiluharjoituksen aikana. Langaton vaihtoehto olisi vaivattomin, mutta myös hankalampi toteuttaa ja radiolähetys vaatisi paljon virtaa. Laitevertailun kaikki laitteet sisälsivät oman virtalähteen, joko kiinteän akun tai irrotettavan akun. Integroitavassa mallissa akusta tulisi luultavasti yhteinen virtalähde, kun taas erillismalli vaatisi oman virtalähteen jatkossakin.

Seuraavaksi esitellään hyvät ja huonot ominaisuudet integroitavan- ja erillislaitteen tapauksissa. Integroitavan laitteen hyviä puolia olisivat

- helposti mukana kulkeva
- liitäntä laitteiden välillä voidaan toteuttaa kiinteänä
- pieni koko.

Huonoina puolina integroitavassa laitteessa olisivat

- hankalampi toteutus pienen koon takia
- ominaisuuksia rajaaminen
- kalliimpi ratkaisu.

Erillislaitteen hyviä puolia olisivat

- suurempi koko ja siten myös ominaisuuksien suurempi määrä
- halvempi suunnittelu ja toteuttaminen
- paremmat mahdollisuudet jättää tilaa myös tulevaisuuden ominaisuuksille.

Huonoina puolina erillislaitteessa olisivat

- kelloon langattomasti toteutettava liitäntä
- virrankulutuksen kasvaminen
- tuotteen integrointiaste (tuote ei ole niin kompakti, kun se koostuu kahdesta osasta).

Vertailuja tehdessä selvisi, että kaikissa vertailun Mp3-soittimissa oli kohtuullisen paljon muistia ja ominaisuuksia ja hinta oli kaikissa tapauksissa kohtuullinen. Viimeinen löydös vertailussa erosi kuitenkin kaikista muista vertailuista laitteista, koska se oli rakennussarja. Tätä tuotetta päätettiin viikkopalaverin perusteella tutkia tarkemmin. Kyseinen laite oli ainoa, johon oli saatavilla täydellinen datalehti, josta ilmenivät käytetyt komponentit ja piirikaaviot. Kaiken lisäksi laitteeseen oli saatavilla myös avoin ohjelmakoodi. Chronos eZ430 on tuotteena samantyyppinen prototyyppikehitykseen sopiva tuote, koska muokkaukseen tarvittavat tiedot ovat saatavilla. Muihin vertailun laitteisiin löytyi vain pelkistettyjä datalehtiä ja niiden integroiminen Chronokseen olisi melkoinen haaste. Datalehtien kartoitusta varten rekisteröidyttiin useille valmistajien sivuille ja selvisi, että suurin osa sivustoista vaatii huollon datalehdistä maksun.





Vertailun yhteydessä, joka on esiteltynä taulukossa 1 ja 2, nousi esiin tärkeä asia. Valmiita tuotteita suojaavat patentit ja tämänkaltaisten tuotteiden ratkaisujen hyödyntäminen projektissa on rajallista. Omia projekteja voi rakentaa vapaasti, mutta MUSTI-projektin tuotteen kaupallistaminen asettaa aivan eri vaatimukset tässä suhteessa.

TAULUKKO 1. Lisälaitetaulukointi osa 1 (LIITE 2)

LAITTEEN NIMI	Vaatimuksia: riittävä muistikapasiteetti, oma virtalähde (akku tai paristo), USB	KUVA	Laitteen hintaluokka
	KESKEISIMMÄT TOIMINNOT		HINTA
1. SanDisk® Sansa® Clip MP3	microSDHC™ korttipaikka, 2-4gt muistia, slotRadio™, USB	 kuva 1	29,99- 56,07\$(4Gt malli), 2Gt malli noin 10\$ halvempi
2. Sony Walkman NWZ-W252	2Gt flash-muisti, soittimen akku uudelleen varattava, Hi-Speed USB, kompakti ratkaisu, ei näyttöä, käytännöllinen urheiltaessa	 kuva 2	49,88-76,95\$
3. Apple iPod Shuffle 2010	2 Gb flash-muisti, todella kompakti, 15h akkukesto lithium-ion akulla, USB, ei näyttöä	 kuva 3	47.54\$
4. Philips GoGear Spark	2Gt NAND Flash -muisti, USB, jopa 27h akkukesto, 1,46" värinäyttö, paljon oheistoimintoja mm still-kuvien toisto diaesityksellä	 kuva 4	86.99\$

Taulukoissa 1 ja 2 vertailtuja laitteita oli saatavilla markkinoilla useista lähteistä. Laitteet valittiin ominaisuuksien ja hintaluokan avulla. Palaverissa oli sovittu, että laitteet olisivat hintaluokaltaan mahdollisimman halpoja, mutta tarkkaa rajaa hinnoille ei määritelty. Siksi taulukon hinnat ovat lähinnä suuntaa antavia ja niitä tärkeämmiksi muodostuvat halutut ominaisuudet.

TAULUKKO 2. Lisälaitetaulukointi osa 2 (LIITE 2)

5. The Cube	Todella kompakti koko, 2Gb micro SD card, laajennettavissa 32Gb asti uudella kortilla, Lithium Polymer akku(kesto noin 6h), USB	 Kuva 5	17.99\$
6. Creative Zen Stone Plus	2Gt flash-muisti, pyöreä sininen näyttö, kello ajanotolla, FM-radio, mikrofoni, Lithium-polymer akku (9.5h kesto),USB	 Kuva 6	69.99\$
7. Traxter Micro	MP3-soitin ja yhdistetty USB Flash-muisti 4GB, USB: 2.0, 1.1, Li-ion akku	 Kuva 7	48,644\$
8. Daisy mp3 player	Rakennussarja. Ainut löydös, johon saatavilla mm. avoin koodi, piirikaaviot jne. MMC- tai SD- flash-kortit muistina, ei näyttöä	 Kuva 8	99.95-114.95\$

Daisy Mp3-soitin (taulukko 2, 8.) oli tarkemman tutkimuksen alla, koska selvisi, että laitteesta olivat saatavissa vapaaseen käyttöön datalehdet ja ohjelmistot. Ne olisivat tarpeen, jos laitetta alettaisiin integroida Chronos eZ430-sykemittariin. Laite toimitetaan rakennussarjana ja hinta on valmiita laitteita kalliimpi, joten laitteeseen tutustuminen oli tarpeellista.

Daisy Mp3-soitin perustuu PIC18F45j10-mikrokontrolleriin. Tämä kontrolleri pystyy 3,3 voltin jännitteellä toimimaan täydellä 40 MHz:n suoritintaajuudella. Suurin osa kontrollerin pinneistä toimii 5 voltin jännitteellä, mikä helpottaa liitääntä muihin mikrokontrollereihin. Muistina laite käyttää MMC- tai SD-korttia, mikä mahdollistaa suuren muistimäärän ja sen kasvattamisen korttia vaihtamalla. Mikrokontrollerin lisäksi piirillä on Mp3- ja Wav-dekooderi VS1011 (MPEG-1 Audio Layer 3, WAVE), joka sisältää myös DAC-konvertterin (Digital to Analog Converter) ja kuulokevahvistimen samassa 28-jalkaisessa kotelossa. (4.) Kuvassa 12 soitin on valmiiksi koottuna.



KUVA 12. Rakennussarja koottuna (4)

Daisyn käyttöliittymää voidaan ohjata piirilevyn jumppereilla, joilla laitteen tiloja voidaan modifioida joko käyttäjä- tai laiteohjattavaksi. Käyttöjännite laitteessa on 3,6 - 6 voltia, mikä helpottaa virtalähteen valinnassa. Tärkeä huomio on, että käytettävä muistikortti on ennen käyttöönottoa formattoitava muodossa FAT32, jotta laite tunnistaa kortin. (5, s.4.) Laitteen mukana ovat myös piirilevyn työstöön soveltuvat tiedostot, jotka on tuotettu EAGLE:n CAD-ohjelmistolla. Myös koululla on ohjelmistoa tukeva laitteisto piirilevyn työstöä varten.

Vertailu esitettiin palaverissa (24.1.2011), jolloin tultiin siihen tulokseen, että toistaiseksi äänipalautteesta luovutaan ja mietitään muita palautevaihtoehtoja. Myös Mp3-toisto jätetään ainakin toistaiseksi ominaisuutena optioksi. Jatkossa palautemuodoksi suunnitellaan valopalautetta ja etsitään sopivaa muistipiiriä, joka voitaisiin integroida Chronokseen.

5 LED-KARTOITUS





Palaverissa päätettiin, että äänipalaute ei ole paras mahdollinen palautemuoto harjoituksesta, koska käyttäjät kokevat äänipalautteen saliympäristössä epämiellyttäväksi. Laitteen palaute voitaisiin antaa käyttämällä kelloon integroitavaa valokuovaa, jossa LED-tekniikalla (Light-Emitting Diode) saataisiin aikaan palaute. LED-tekniikan eri värit yhdistettynä esimerkiksi valokuituun voisivat toimia eri asioiden ilmaisemiseksi hyvin. LED-tekniikka on myös vähän virtaa kuluttavaa, komponenttien koot ovat pieniä ja tiiviisti integroidussa kellossa tämä olisi hyvä asia. Myös värinällä tapahtuva palautemuoto voisi toimia tulevaisuudessa lisänä valopalautteen kanssa. Markkinoilla on olemassa laaja valikoima erilaisia LED-ratkaisuja ja kartoitus oli tarpeen. Vertailussa merkitseviä asioita olivat virrankulutus, komponentin koko, väriominaisuudet ja hinta. Taulukossa esiintyvät LED-komponentit ovat eri valmistajien malleja, jotka voisivat täyttää halutut vaatimukset projektin kannalta.

Palaverissa pohdittiin, että valokuidun käyttö LED-komponentin valon ohjauksessa on yksi esillä ollut tapa, jolla valopalaute voitaisiin tuottaa. Toinen vaihtoehto olisi käyttää linssiä, joka muodostaisi halutun kuvion. LED-komponentteja saa myös hyvin pienissä koteloissa ja olisi mahdollista käyttää useampaa komponenttia palautteen antamiseen. Tässä tapauksessa voitaisiin suunnitella erillinen piirikortti, jossa komponentit olisivat. Tähän tarkoitukseen taipuisa piirilevy olisi hyvä ratkaisu. Myös LED-komponenttien lämpeneminen on otettava huomioon integroinnissa. Tarpeen vaatiessa komponenteista voidaan johtaa lämpö pois jäähdytyslementtiin ja tähän tarkoitukseen voidaan käyttää vaikkapa lämpöä johtavaa materiaalia, esimerkiksi alumiinista tehtyä kellon kuoriosaa.

Taipuisa piirilevy eli FPC (Flexible Printed Circuit) on usean LED-komponentin integroinnissa hyvä ratkaisu, koska piirilevy on erittäin kevyt ja sitä voidaan muotoilla kohteen kaarevuuden mukaan, kun valitaan oikea piirilevymateriaali. Suurimmat erot taipuisan ja jäykän piirilevyn välillä ovat







piirilevyn substraattimateriaali ja sen paksuus. Lisäksi johdinkerroksissa on eroavaisuuksia. Taipuisassa piirilevyssä piirilevyn metallointi on yleensä ohuempaa ja materiaali paremmin taivutusta kestävä ja siten myös sitkeämpää. Taipuisaan piirilevyyn on myös mahdollista integroida erilaisia komponentteja, kunhan valmistusprosessiin kiinnitetään erityistä huomiota. Liitosmenetelminä voidaan käyttää perinteisiä menetelmiä, juottamista ja johtavia liimoja. (6, s. 10 - 11.) Taulukoissa 3 ja 4 on esiteltynä LED-vertailun komponentit.

TAULUKKO 3. LED- taulukointi osa 1 (LIITE 3)

Valmistaja ja LED-komponentin nimi	LISÄTIETOJA	LINKKI LIITTEESSÄ	Kappalehinta, ja pakettihinta
<u>OSRAM</u> <u>Opto</u> <u>Semiconductors Inc</u> LED	Tyyppi: multicolor(red, green, blue). Mitat: 3.20mm L x 2.80mm W x 2.10mm. Model Number: LATBT66C-RS-1+ST7-35+P7Q7-35-20-R18-ZB Virrankulutus noin 20mA.	1.	1kpl 0.93€ 10kpl 7.72€ 
<u>Panasonic</u> SSG LED (SMD)	Tyyppi: multicolor(red, yellow, green). Mitat: 1.60mm L x 1.25mm W x H 0.55mm. Model number: LNJ115W8PRA. virrankulutus noin 10mA. Pakkaus: Cut Tape (CT)	2.	1 kpl 0,51€ 25kpl 9,01€ 
<u>Stanley</u> Electric Co LED(SMD)	Tyyppi: multicolor(red, yellow, green). Mitat: 1.60mm L x 1.50mm W x H 0.70mm. Model number: BRPY1211C-TR. Virrankulutus noin 20mA. Pakkaus: Digi-Reel®	3.	1 kpl 0.44€ 25kpl 6.88€ 
<u>Stanley</u> Electric Co LED(SMD)	Tyyppi: multicolor(red, green, blue). Mitat: 3.00mm L x 2.00mm W x H 1.00mm Model number: BRPY1211F-TR Virrankulutus noin 20mA. Pakkaus: Digi-Reel®	4.	1 kpl 0.44€ 25kpl 6.93€ 

LED-tilukointiin otettiin mukaan monenlaisia vaihtoehtoja, joilla valopalaletta voitaisiin antaa. Tarkemmat tiedot taulukon LED-komponenteista selviävät liitteessä 3 olevien hyperlinkkien kautta, jotka on numeroitu taulukoissa olevan numeroinnin mukaan.

TAULUKKO 4. LED- taulukointi osa 2 (LIITE 3)

<u>Stanley</u> <u>Electric Co</u> LED(SMD)	Tyyppi: multicolor(red , yellow, green). Mitat: 3.00mm L x 2.50mm W x 1.40mm H Model number:BRPY1201W-TR Virrankulutus noin 20mA. Pakkaus: Cut Tape (CT)	5.	1kpl 0.45€ 25 kpl 7.14€ 
<u>Seoul</u> <u>Semicondu</u> <u>ctor Inc</u> 6PLCC LED	Tyyppi: multicolor(red , green, blue). Mitat: 3.20mm L x 2.80mm W x 1.40mm H Model number:BRPY1201W-TR Virrankulutus noin 3x20mA. Pakkaus: Cut Tape (CT)	6.	1 kpl 2,04€ 10 kpl 18,26€ 
<u>Dialight</u> LED(SMD)	Tyyppi: multicolor(Red-Orange, Green, Blue). Mitat: 1.60mm L x 1.60mm W x 0.7mm H Model number:598-8720-307F Virrankulutus noin 20mA. Pakkaus: Cut Tape (CT)	7.	1 kpl 1,79€ 25kpl 37.13€ 
<u>OSRAM</u> <u>Opto</u> <u>Semicond</u> <u>uctors Inc</u> LED	Tyyppi: multicolor(Amber, Blue, Green). Mitat: 3.30mm L x 3.00mm W x 2.00mm. Model Number: LATBG66B-ST-1+T7V-35+QS-36 Virrankulutus noin 20mA. Pakkaus: Cut Tape (CT)	8.	1kpl 1,3€ 10kpl 10,81€ 
<u>Rohm</u> <u>Semicond</u> <u>uctor</u> LED(SMD)	Tyyppi: multicolor(Green,Yellow, Orange). Mitat: 1.50mm L x 1.30mm W x 0,6mm H. Model Number: SML-521MDWT86 Virrankulutus noin 20mA. Pakkaus: Cut Tape (CT)	9.	1kpl 0,74€ 25kpl 9,18€ 
<u>Panasonic</u> <u>SSG</u> LED(SMD)	Tyyppi: multicolor(Green,Yellow, Orange). Mitat: 2.50mm L x 1.70mm W x 0,9mm H. Model Number: LNJ107W5ARA1 Virrankulutus noin 10mA.	10.	1kpl 0,54€ 26kpl 9,44€ 

6 MIKROKONTROLLEREIDEN VERTAILU

Kelloon tulevien muutoksien suunnittelun yhteydessä ilmeni, että Chronoksen mikrokontrollerille saattaa olla olemassa vaihtoehto Texas Instrumentsin MSP430-tuoteperheessä. Kellossa tällä hetkellä oleva mikrokontrolleri CC430F6137 on kellossa toimiva ratkaisu, mutta haasteita asettaa muun muassa tulevaisuudessa tuleva uuden näytön integroiminen kelloon. Tämä johtuu siitä, että nykyisessä kontrollerissa LCD-näytön ajurit on esiasennettu, minkä vuoksi erilaisen näytön integrointi saattaa vaikeutua. Texasin CC430-tuoteperhe sisältää monia eri malleja ja tarkoitus on esitellä tuoteperheen tärkeimpiä ominaisuuksia yleensä, jotta tulevaisuudessa mahdollinen muutos uuteen kontrolleriin olisi helpompaa. Tässä yhteydessä on myös vertailtu kontrollerin CC430F5137 eroja nykyiseen CC430F6137-kontrolleriin.

Texas Instrumentsin CC430 tuoteperheen yhteisiä ominaisuuksia ovat

- erittäin vähän virtaa kuluttavat system-on-chip (SOC) järjestelmät RF-lähetinvastaanottimella langattomiin sovelluksiin
- laaja käyttöjännitealue 1,8-3,6 V. (7, s.1.)

Proessori ja sen oheislaitteet ovat

- 16-bittinen RISC-arkkitehtuuri
- nopea käynnistys standby-tilasta (alle 6µs)
- joustava virran hallintajärjestelmä
- yhtenäinen kellojärjestelmä (UCS), jossa FLL (Frequency Locked Loop)
- 16-bittinen ajastin TA0, Timer_A, jossa viisi tallennus/vertailu-rekisteriä
- 16-bittinen ajastin TA1, Timer_A, jossa kolme tallennus/vertailu-rekisteriä
- järjestelmän reaaliaikakello
- kaksi USCI-väylää (Universal Serial Communication Interface)

USCI_A0, joissa UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter), IrDA-(Infrared Data Association) ja SPI-tuki (Serial Peripheral Interface). USCI_B0, jossa on I²C- (Inter-Integrated circuit) ja SPI-tuki.

- 12-bittinen A/D-konvertteri, jossa sisäinen vertailija ja Sample-and-Hold- ja Autoscan- toiminnot (vain CC430613x/CC430513x malleissa)
 - vertailija
 - integroitu LCD-ohjain kontrastin säädöllä 96-segmenttiselle näytölle (vain CC430613x)
 - 128-bittinen AES rinnakkaissuoritin suojaamiseen (salaus/salaamaton)
 - 32-bittinen hardware multiplier
 - 3-kanavainen sisäinen DMA (Direct Memory Access)
 - sarjaväyläinen piirilevyohjelmointi (ei tarvitse ohjelmointijännitettä)
 - sulautettu emulaatio moduuli EEM (Embedded Emulation Module).
- (7, s. 1.)

Korkean suorituskyvyn RF-lähetinvastaanottimen (alle 1 GHz) ytimen ominaisuudet ovat

- laaja käyttöjännitealue 2,0-3,6 V
- taajuusalueet 300-348 MHz, 389-464 MHz ja 779-928 MHz
- ohjelmitava tiedonsiirtonopeus 0,6-500 kilobaudia
- korkea herkkyys (-117 dBm 0,6 kilobaudilla, -111 dBm 1,2 kilobaudilla, 315 MHz, jossa virheellisten pakettien määrä on 1 %)
- erinomainen vastaanottimen valintatarkkuus ja tehokas häiriönsietokyky
- ohjelmitava ulostuloteho +12 dBm asti kaikille tuetuille taajuuksille
- 2-FSK, 2-GFSK, MSK ja OOK-tuki ja joustava ASK-muokkaus
- joustava tuki pakettipainotteisille järjestelmille: On-Chip-tuki synkronoidulle sanan tunnistukselle, osoitetarkistus, joustava pakettien pituus ja automaattinen CRC:n (Cyclic Redundancy Check) käsittely
- tuki automaattiselle CCA:lle (Clear Channel Assessment) ennen

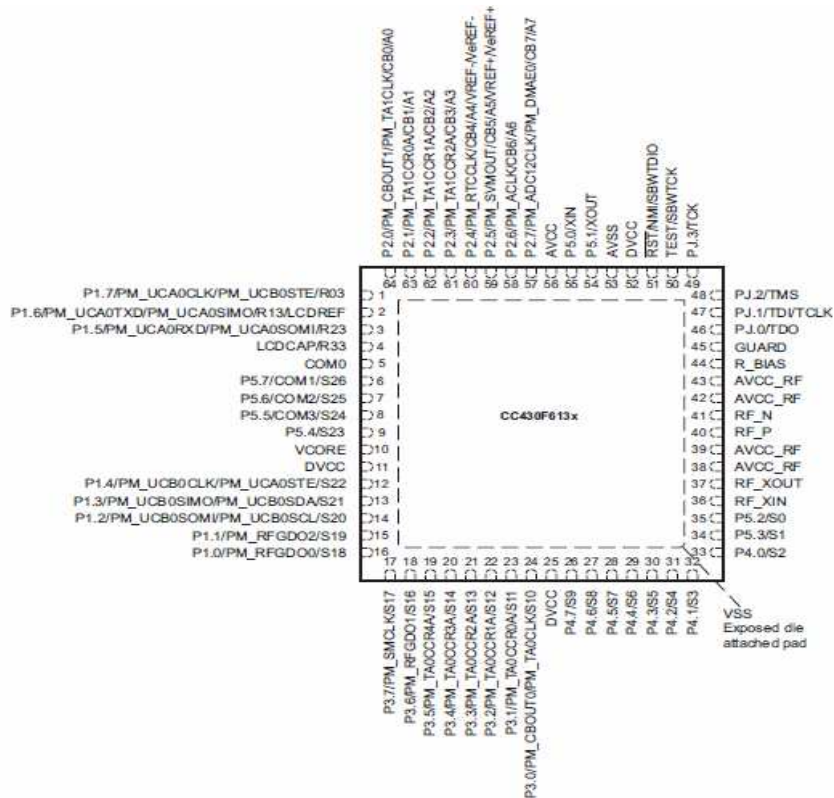
lähettämistä (Listen-Before-Talk- järjestelmiä varten)

- digitaalinen RSSI-ulostulo (Received Signal Strength Indication)
- soveltuvuus EN 300 220 (Eurooppa) ja FCC CFR osa 15 (USA) määräyksien mukaisiin järjestelmiin
- soveltuvuus langattomiin M-Bus standardin EN 13757- 4:2005 mukaisiin järjestelmiin
- tuki asynkroniselle, synkroniselle ja sarjamuotoiselle vastaanotto- ja lähetystilan radioyhteydenpito protokollille, joissa ominaisuutena Backward Compatibility. (7, s. 1.)

MSP430-tuoteperheen kontrollerit ovat kaikki erittäin vähän virtaa kuluttavia. Datalehden taulukoista käy ilmi tuoteperheen virrankulutus kontrollereiden eri toimintatiloissa. Virrankulutus on keskeisessä osassa, kun integroidaan Chronokseen uutta elektroniikkaa. Laitteen pitäisi säilyttää pieni kokonsa ja olla silti suorituskykyinen ja suuren virtalähteen integroiminen kelloon voi olla ongelma jatkossa. Tämän vuoksi otetaan virrankulutus taulukoinnit mukaan ja ne ovat luettavissa liitteestä 1.

CC430F5137 ja CC430F6137 PIN-liitännät ja niiden eroavaisuudet

Kuva 13 on nykyisestä kontrollerista CC430F6137 ja vertailun jälkeen kontrolleri CC430F5137 kuvassa 14. Molemmat kontrollerit on pakattu RGZ-koteloon.

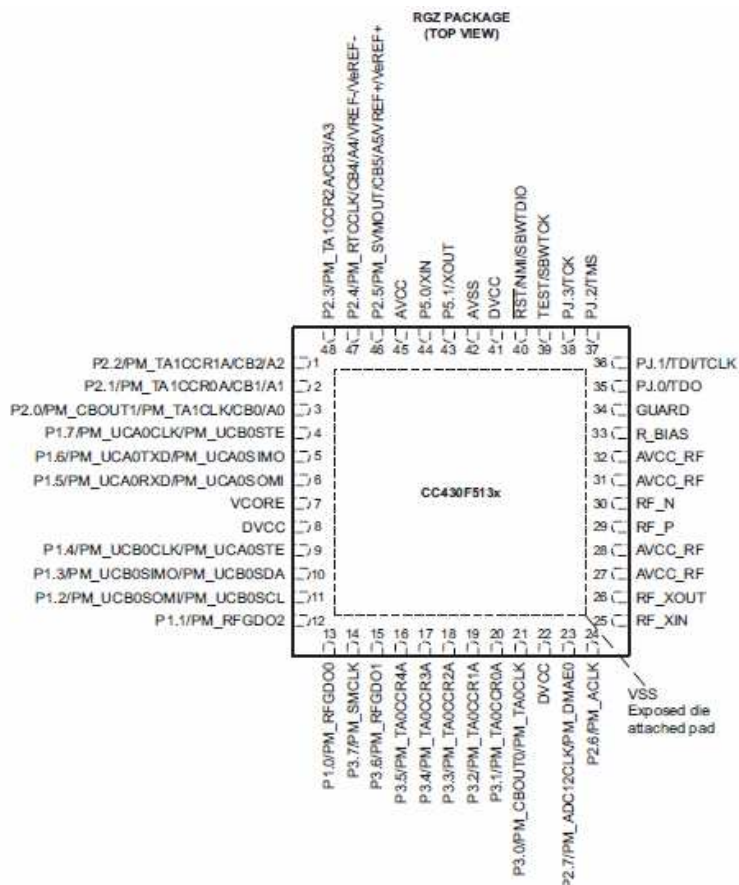


KUVA 13. CC430F613x kontrolleri kuvattuna yläpuolelta (7, s.5)

CC430F6137 on pakattu 64-pinniseen koteloon. Sen kotelossa on CC430F5137 malliin verrattuna 16-pinniä enemmän. Seuraavassa on lueteltuna CC430F6137-mallin erot CC430F5137-malliin verrattuna. Pinnien ominaisuudet, jotka CC430F5137-mallista puuttuvat on lueteltu seuraavassa:

- LCD-näytön jänniteliitännät (Pinnit 1-3)
- LCD-näytön kondensaattorin liitäntä ja LCD:n jänniteliitännä (Pinni 4)
- LCD common output COM0 (LCD backplane) (Pinni 5)
- Yleiset digitaaliset I/O-liittimet, LCD COM 1-3 (LCD backplane), LCD segment output S24-S26 (Pinnit 6-8)
- Yleinen digitaalinen I/O-liitin, LCD segment output S23 (Pinni 9)
- LCD segment output S10-S22 (Pinnit 12-24)

- Yleiset digitaaliset I/O-liittimet, LCD segment output S0-S9 (Pinnit 26-35)
- Comparator_B input CB7, analog input A7 - 12-bit ADC (Pinni 57)
- Comparator_B input CB6, analog input A6 - 12-bit ADC (Pinni 58)



KUVA 14. CC430F513x kontrolleri kuvattuna yläpuolelta (7, s.9)

Lisäominaisuudet CC430F6137 mallissa CC430F5137 malliin verrattuna ovat lähinnä LCD-näytön liittämiseen liittyviä ja I/O-liitäntöjen määrässä. CC430F6137 mallissa on 44 I/O-pinniä ja CC430F5137 mallissa 30 I/O-pinniä. Lisäksi F6137-mallissa on sisääntuloliitännät vertailijalle ja analoginen sisääntuloliitäntä (12-bittinen ADC).

Huonona puolena MSP430 tuoteperheen kontrollereissa on, että niistä puuttuu täysin ulkoinen muistiväylä ja Chronoksessa käytettävän CC430F6137-kontrollerin I/O-väylät ovat käytössä laitteen omiin toimintoihin. Yksi vaihtoehto olisi jättää pois turhia toimintoja väylien vapauttamiseksi muistipiiriin tai muiden integroitavien osien käyttöön. Esimerkiksi nykyisessä

kokoonpanossa ilman käyttöä on paineanturi, joka voitaisiin poistaa piiriltä ja käyttää vapautuvia liitäntöjä. Muistipiirin integrointia ajatellen ulkoisen väylän puuttuminen kuitenkin tulee todennäköisesti hidastamaan kokonaisuuden toimintaa, jos dataa joudutaan lukemaan ja kirjoittamaan ilman muistin omaa väylää.

Kontrollerivertailun yhteydessä oli syytä myös miettiä, olisiko Texas Instrumentsin MSP430-kontrollerille vaihtoehtoa täysin eri valmistajan kontrollereissa. Tällainen muutos aiheuttaisi kuitenkin koko piirilevyn uudelleen suunnittelun ja myöskään langaton rajapinta Chronoksen ja PC:n välillä ei enää olisi nykyisellään käytössä. Chronoksen kontrollerille on kuitenkin muillakin valmistajilla olemassa vähän virtaa kuluttavia vaihtoehtoja, joissa on integroituna ulkoinen muistiväylä ja mahdollisuus integroida tarvittavia lisäosia, kuten LCD-näyttö. Seuraavaksi esitellään NXP3131-kontrolleri, joka voisi tarjota uudenlaisen kehitysympäristön Chronoksen muuttamiseen MUSTI-projektin tarpeisiin sopivaksi tulevaisuudessa.

NXP Semiconductors valmistaa mikrokontrolleria **NXP LPC3131**, jossa on USB2 On-The-Go (OTG), 192 kilobittiin asti SRAM-muistia, NAND-flash-kontrolleri, monikäyttöinen ulkoinen väyläliityntä, neljän kanavan 10-bittinen ADC ja suuri määrä sarja- ja rinnakkaisväyliä. Virrankulutuksen minimoimiseksi LPC3131 sisältää monipuoliset virrankäyttöalueet. Erittäin joustava Clock Generation Unit (CGU) tarjoaa dynaamisen kellon portituksen ja skaalauksen.(8, s.1.)

Kontrollerin suoritin on 32-bittinen ARM926EJ-S(180Mhz), jossa välimuistina on 16 kilobittiä D-cache- ja 16 kilobittiä L-cache-muistia. Muistin hallintayksikkönä toimii MMU (Memory Management Unit).(8, s.1.)

Ulkoisen muistin rajapinnan ohjaukseen on NAND flash-kontrolleri, jossa on 8-bittinen ECC (Error Correcting Code). Lisäksi SDRAM- ja SRAM-ohjaukselle on 8/16-bittinen MPMC-kontrolleri (Multi-Port Memory Controller). (8, s.1.)

Yhteydenmuodostuksen ja liitettävyyden tärkeimmät ominaisuudet ovat

- USB 2.0 (OTG, HOST, Device), jossa on PHY-ominaisuus integroituna
- kaksi I²C-väylää
- integroitu master/slave SPI-väylä
- kaksi master/slave I²C-väylää
- nopea UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter)
- muistikorttirajapinta: MMC/SD/SDIO/CE-ATA
- neljän kanavan 10-bittinen ADC (Analog-to-digital Converter)
- integroituna 4-, 8-, tai 16-bittinen 6800/8080 yhteensopiva LCD-rajapinta. (8, s.1.)

Prossessorin toiminnot ovat

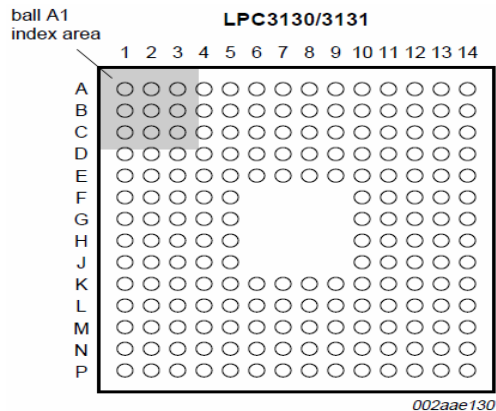
- dynaaminen kellon portitus ja skaalaus
- monipuoliset virrankäyttöalueet
- valittavissa oleva boottaus-tapa: SPI-flash, NAND-flash, SD/MMC-kortit, UART tai USB
- DMA-kontrolleri
- neljä 32-bittistä ajastinta
- vahtikoira-ajastin (8, s.1.)
- PWM-moduuli (Pulse-width modulation)
- RNG (Random Number Generation)
- GPIO-pinnit (General Purpose IO)
- joustava ja monipuolinen keskeytysjärjestelmä
- JTAG-liitäntä, jossa testi- ja debuggaus-toiminnot (Boundary Scan ja ARM debugging).

Käyttöjännitealueet ovat

- 1,2 V (Core Voltage)
- I/O-jännite: 1,8 V; 2,8 V; 3,3 V.

Kontrollerin käyttölämpötila-alueena on -40 °C – +85 °C. Kontrolleri on pakattu TFBGA180-koteloon, jonka mitat ovat 12 x 12 mm² ja 0,8 mm:n pistejaolla. (8, s.2.)

Kokonaisuutena kontrollerista tekevät mielenkiintoisen erityisesti sen tarjoamat monipuoliset liitäntämahdollisuudet niin sarja- kuin rinnakkaisväyläisiin oheislaitteisiin, mahdollisuus käyttää ulkoista muistiväylää ja muistikortteja muistin laajentamiseen ja joustava erilaisten LCD-näyttöjen ohjaus. Käyttöjännitealueeltaan NXP LPC3131 eroaa hiukan nykyisestä kontrollerista, mutta mikäli on tarkoitus vaihtaa kontrolleri täysin eri valmistajan kontrolleriin kuin nykyinen, eivät nämä asiat ole enää ratkaisevia. NXP LPC3131 on pakattu täysin erilaiseen koteloon kuin nykyinen 64-pinninen, RGZ-koteloitu kontrolleri, jossa pinnit on sijoitettu kotelon sivuille. NXP LPC3131 käyttää kotelonaan BGA-kotelo (Ball Grid Array), jossa pinnit sijaitsevat kotelon alaosaan. Yhteys piirilevyyn muodostetaan pallon muotoisilla liittimillä (Contact pad), joita tässä kontrollerissa on 180 kappaletta, kuten kuvassa 15 on esitelty. Liitäntä piirilevylle asettaa vaatimuksia piirilevysuunnittelulle ja testaukselle, joka olisi väistämätöntä kontrollerin vaihdon yhteydessä. (9.)



KUVA 15. LPC3130/3131 läpinäkyvästi kuvattuna yläpuolelta (8, s.4)

Nykyisessä MSP430-kontrolleriperheessä on myös etuja verrattuna kontrolleriin NXP LPC3131 ja moniin muihinkin markkinoilla oleviin vastaaviin kontrollereihin. Suurin etu on integroitu RF-lähetinvastaanotin, joka mahdollistaa Chronoksen kommunikoinnin langattomasti. Toisaalta uuden kontrollerin valinnan yhteydessä voitaisiin käyttää ulkoista komponenttia muodostamaan yhteys. Tässä mielessä NXP LPC3131 on hyvä vaihtoehto, jos täysin eri tuoteperheen kontrolleri päätetään valita.

Mikrokontrollereiden vertailun jälkeen käsiteltiin Chronokseen tulevia muutoksia ja nykyisen kontrollerin hyviä ja huonoja puolia. Koska monet halutut ominaisuudet on hankala integroida nykyiseen kontrolleriin, sovittiin (27.1.2011), että tutkittaisiin, olisiko markkinoilla korvaajaa Chronokselle. Tämä tutkinta osoitti, että toistaiseksi markkinoilla ei ole projektin tarpeisiin sopivaa urheilukelloa, josta olisi saatavilla yhtä kattavasti tietoa. Lisäksi suurin osa löytyneistä vastaavista laitteista oli tuotteita, jotka ovat suojattuja patenteilla ja niiden modifioiminen omaksi kaupalliseksi tuotteeksi tulisi ongelmaksi.

Sovittiin (4.3.2011), että toistaiseksi jatketaan Chronoksen kehittämistä, koska markkinoilla ei ole tällä hetkellä sille parempia vaihtoehtoja. Nykyiseen kelloon tehdään muutoksia entisen kontrollerin pohjalle ja seurataan samalla markkinoille tulevia Chronoksen tuotepäivityksiä, jotka voisivat tarjota uusia tarvittavia ominaisuuksia. Tulevaisuudessa tämän vertailun pohjalta voidaan tehdä muutoksia myös kontrollerin suhteen.

Erittäin haastavaksi kontrollerivertailun on tehnyt Chronoksen korkea integrointiaste ja tuotteeseen tulevat ominaisuudet, jotka vaativat monipuolisen ja tehokkaan kontrollerin käyttöä. Lopputuotetta ajatellen kokonaisvirrankulutus pitää silti pitää mahdollisimman pienenä ja kontrollerin virrankulutus on oltava vähäistä. Nykyisen piirilevyn uudelleen suunnittelu on väistämättä edessä viimeistään uuden näytön integroinnin yhteydessä. Tässä vaiheessa on syytä miettiä, onko tulevaisuudessa järkevää jatkaa nykyisen kontrollerin käyttöä, vai halutaanko tuote kehittää monipuolisemman kontrollerin ympärille. Prototyypivaiheessa tuote kuitenkin pyritään muodostamaan nykyisen kokoonpanon ympärille ja sen jälkeen tutkitaan millaisia muutoksia voitaisiin jatkossa tehdä.

7 MUISTIKARTOITUS

Kontrollerivertailun jälkeen oli vuorossa selvittää, millainen muistipiiri olisi sopiva integroitavaksi Chronoksen nykyiseen CC430F6137-kontrolleriin ja millaista väylää tähän tarkoitukseen voisi käyttää. Texas Instruments tarjoaa asiakkailleen monipuolisen keskustelufoorumin, jossa alan ammattilaiset ja harrastajat ratkaisevat erilaisia TI:n tuotteisiin ja komponentteihin liittyviä kysymyksiä. Kun oli tutustuttu foorumiin, luotiin tunnukset osoitteessa <http://e2e.ti.com/>. Siellä on kattava valikoima eri osa-alueitten keskustelualueita. MSP430-tuoteperheen kysymyksiä käsittelevä foorumi löytyy osoitteesta http://e2e.ti.com/support/microcontrollers/msp43016-bit_ultra-low_power_mcus/default.aspx.

Sähköpostilla lähetettiin kysymys (13.2.2011), jossa tiedusteltiin, onko Chronoksesta tulossa markkinoille uusia versioita, joissa olisi suurempi sisäinen muisti, ja onko nykyiseen CC430F6137-kontrollerin yhteydessä mahdollisuus käyttää ulkoista flash-muistia. Vastauksen mukaan ulkoista flash-muistia ei voi käyttää ohjelmamuistina, mutta muistin liitántä onnistuu käyttäen SPI- tai I²C-väylää. Tällöin muisti pitää olla sarjaväyläistä flash-muistia ja se toimii ulkoisena datan varastona. MSP430-tuoteperheen kontrolleri ei siis voi osoittaa muistia sisäisen osoiteavaruutensa sisällä, koska osoite- ja dataväylä ulkoiselle muistille puuttuvat. Muistista luku ja kirjoitus ovat siksi haasteellisempia kuin tapauksessa, jossa erillinen väylä olisi olemassa. Prototyypivaiheessa on kuitenkin tarkoitus pyrkiä integroimaan muistia nykyiseen kontrolleriin ja muisti pyritään integroimaan käyttämällä olemassa olevia väyliä. Kysymykseen uusista Chronoksen versioista ei saatu vastausta, ja tulevaisuus näyttää, julkaistaanko uusia malleja, joissa olisi enemmän muistia tai ulkoinen muistiväylä. TI:n keskustelufoorumin käyttö on kuitenkin jatkossakin hyvä apu projektiin liittyvissä kysymyksissä. Tunnusten luominen foorumille on ilmaista ja asiantuntevaa apua on paljon saatavilla.

Kun oli tutkittu CC430F6137-kontrollerin muistiin liittyvää keskustelua <http://e2e.ti.com/> -foorumilla, huomattiin, että kontrollerin sisäinen koodi sisältää osa-alueita, jotka voivat olla projektin tapauksessa turhia. Ainakin paineanturin käyttöön liittyvä koodaus ja varmasti myös muita tarpeettomia koodin osia olisi mahdollista poistaa ja näin saataisiin lisää tilaa. Tarkemmin ei nykyistä koodausta tutkittu, mutta tutkittiin muistialueita, joita muuttamalla voisi saada hiukan lisää tilaa projektin koodia varten. Tähän löytyikin apua Texas Instrumentsin keskustelufoorumilta. Laitteeseen esiasennettu, jaettu dataloggaus-muistin koodi sisältää kaksi kohdetta, joiden arvoja muuttamalla voidaan muistiavaruuden käyttö säätää.

Toinen muutos kohdistuu komentotiedostoon eli linker command-tiedostoon ja toinen muutos dataloggaus-osioon. Yksikään koodin monista projektitiedostoista, kuten lähdekoodi tai kirjastot, eivät vaadi kiinteätä sijaintia muistiavaruudessa, siksi Chronokseen esiasennettu SimpliciTI-ohjelmisto toimii myös pienemmällä tai suuremmalla dataloggaus-muistilla. Tämä mahdollistaa muistiavaruuden muokkaamisen. Muutoskohteet koodissa, kun muistialuetta halutaan muokata, ovat

1. the linker command file

```
DATALOG_MEMORY      : origin = 0x8000, lenght = 0x1E00  
FLASH                : origin = 0x9E00, length = 0x6180
```

2: the datalog.h header

```
# define DATALOG_MEMORY_START    (0x8000)  
# define DATALOG_MEMORY_END      (0x9DFF).
```

Osoitealueen muokkaus tehdään muuttamalla komentorivin oikeassa laidassa olevia muistialueen määrittelyitä.

Chronokseen integroitavana lisämuistina on tarkoitus käyttää flash-muistia. Pieni vertailu ja perehtyminen flash-muisteihin olivat seuraavana vuorossa. Komponenttivalintaa varten oli syytä tutkia markkinoilta löytyviä vaihtoehtoja,

joiden hinta olisi sopiva ja saatavuus nopea. Lisäksi komponentin tilausmäärät oli syytä ottaa huomioon, koska moni komponenttivalmistaja myy komponentteja vain tukkumäärissä ja projektin tarpeeseen sopiva määrä olisi muutama komponentti.

Flash-muisti on tiedon säilyttävä muistipiiri, josta tietoa voi sähköisesti poistaa ja uudelleen tallentaa. Sitä käytetään pääasiassa muistikorteissa, USB-muisteissa, Mp3-soittimissa ja puolijohdeasemissa yleisenä muistivarastona. Lisäksi muistia käytetään paljon datasiirrossa tietokoneiden ja muun digitaalisen median välillä. (10.)

Projektin tarkoitukseen flash-muisti soveltuu sen pienen koon ja muiden sähköisten ominaisuuksien vuoksi. Flash-muisti on erikoistapaus EEPROM-muistista (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory). Tietojen poisto ja uudelleen ohjelmointi muistista tapahtuvat suurissa lohkoissa. Muisti on myös huomattavasti halvempaa kuin bitti-ohjelmoitava EEPROM-muisti. Muistin säilytykseen ei tarvita myöskään virtaa, kuten esimerkiksi staattisen RAM-muistin tapauksessa, jossa virta tulee olla, jotta muisti säilyttäisi sisältönsä. Chronoksen tapauksessa virrankulutus on oltava vähäistä ja se on yksi syy flash-muistin käyttöön. Lisäksi muisti tarjoaa nopean luku- ja kirjoittamisajan muistiin ja datan käsittelyyn. Muistissa ei tarvita liikkuvia mekaanisia osia, joten muistin käyttö on äänetöntä ja toimintavarmaa. (10.)

Chronoksen kehityksessä tarvittava muistin määrä on oltava riittävä nykyisen ohjelmiston ja tulevaisuuden sovellusten käyttöön. Liian suurta muistikapasiteettia ei kuitenkaan prototyypivaiheessa kannata varata, vaan muistin kooksi riittää esimerkiksi 16 Mt:n kokoinen muisti.

Aikaisemmin esillä olleen TI:n foorumilta saadun tiedon mukaan Chronoksessa käytettävään MSP430-mikrokontrolleriperheeseen on mahdollista integroida sarjaväyläistä muistia ja väylänä voi käyttää I²C- tai SPI-väylää. Tiedon lukeminen ja kirjoitus muistiin tapahtuu tällöin purskeittain, mikä voi vaikuttaa muistin käyttönopeuteen. Tähän saadaan kuitenkin selvyys vasta integroinnin jälkeen ja prototyypivaiheessa

olennaisinta on saada integroitua muistia lisää, minkä jälkeen pitää arvioida, onko tiedon siirto muistin ja kontrollerin välillä riittävän nopeaa projektin tarpeisiin vai joudutaanko miettimään kontrollerin vaihtoa.

Silicon Storage Technology Inc valmistaa SST25VF032B-muistia, joka on sarjaväyläinen flash-piiri. Integrointi tapahtuisi käyttäen SPI-väylää, ja 8-jalkaiseen kotelointiin pakattu piiri mahdollistaa pienet kotelon ulkomitat ja näin säästetään tilaa piirilevyllä. Chronoksen tapauksessa piirin koolla on suuri merkitys, koska laitteen integrointiasteen täytyy pysyä korkeana ajatellen tuotteen ulkonäköä ja käyttötarkoitusta. (11, s.1.)

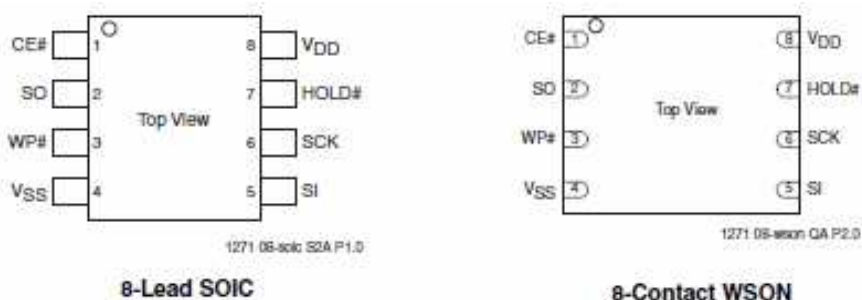
SST25VF032B-muistin ominaisuudet ovat

- käyttöjännitealueet muistin lukemiselle ja kirjoittamiselle 2,7-3,6 V
- SPI- yhteensopivuus, tilat 0 ja 3 (Serial Interface Architecture)
- suuren nopeuden kellotaajuus aina 80 MHz:iin asti
- huippuluokan luotettavuus: muistin pitokikyky yli 100 vuotta
- matala virrankulutus: aktiivitilassa 10 mA (tyypillinen), standby-tilassa 5 μ A (tyypillinen)
- joustava muistin tyhjennys yhtenäisesti: 4 kB sektorilta, 32 kB kerroksittain lohkoista, 64 kB kerroksittain lohkoista
- nopea muistin tyhjennys ja bitti-ohjelmointi: koko muistisirun sisällön tyhjennys aika 35 ms (tyypillinen), sektori- ja lohkotyhjennys aika 18 ms (tyypillinen), bitti-ohjelmointi aika 7 μ s (tyypillinen)
- automaattinen osoitteen kasvatus AAI-ohjelmoinnilla (Auto Address Increment): vähentää sirun ohjelmointiaikaa bitti-ohjelmointi operaatioissa
- muistiin kirjoittamisen lopettamisen havainnointi: ohjelmistokartoitus ilmoittaa jos järjestelmä on varattu, AAI-tilassa S0-pinnistä voi lukea muistin tilan (varattu / vapaa)
- ominaisuus HOLD PIN (HOLD#): pysäyttää sarjamuotoisen datajonon ilman käytettävän laitteen valintaa
- muistin kirjoitussuojaus (WP#) lohkojen suojausbittien tilarekisterin kautta
- käyttölämpötila-alue: kaupallisessa käytössä 0 - 70 °C, teollisessa

käytössä 40 - 85 °C

- paketointi: 8-johtimellinen SOIC-kotelo (200 mils) tai 8-kontaktinen WSON- kotelo (6 x 5 mm).

Kaikki piirit ovat lisäksi lyijyttömiä ja RoHS- hyväksyttyjä (direktiivi vaarallisten aineiden rajoittamisesta elektroniikkalaitteissa). (11, s.1.) Piiriä on saatavana 8-jalkaisena sekä SOIC- että WSON-pakattuna, kuten kuvasta 16 on nähtävissä.



KUVA 16. SST25VF032B kotelointi (11, s.4)

Silicon Storage Technology Inc valmistaa myös 16 Mb:n suuruista samat ominaisuudet omaavaa flash-piiriä. Päätettiin (27.4.2011) tilata 32 Mb:n suuruinen piiri, koska hintaero ei muisteilla ole suuri. Kyseisen piirin valintaan vaikutti suuresti myös se, että sitä on integroitu aiemminkin MSP430-kontrolleriperheen CC430F5137-mikrokontrolleriin. Nykyisessä projektissa integrointiin tullaan käyttämään I²C-väylää tai SPI-väylää ja kun integrointi on suoritettu, selvitetään onko muistin käyttö tarpeeksi nopeaa, näitä väyliä käyttäen.

Jotta muistipiirien hankinta olisi mahdollisimman joustavaa, piti selvittää, mistä piirit saisi kohtuulliseen hintaan. Lisäksi hankintapaikan maksuvaihtoehdot olivat tilaamisen kannalta olennaisia. Muistipiirien tilauksen yhteydessä oli tarkoitus tilata myös muita projektiin liittyviä komponentteja, joten tilauspaikaksi valikoitui Farnell. Sieltä kaikki komponentit sai helposti samaan tilaukseen ja muistipiirien hinta oli sopiva. Valittua muistipiiriä oli mahdollisuus tilata myös vähittäiserissä ja hinnaksi jäi 3,00 €/kpl, jos tilauksessa on 1-9 komponenttia. Tilaus lähetettiin 3.5.2011 mennessä ja tämän opinnäytetyön dokumentoinnin aikana piirit ovat jo

saapuneet. Seuraavana vaiheena on muistipiirien integrointi Chronokseen, mutta seuraavat työvaiheet projektissa ovat kesäharjoittelun aikana tapahtuvia ja niitä ei käsitellä enää tässä opinnäytetyössä.

8 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä perehdyttiin MUSTI-projektissa kehitettävän Chronos eZ430 -sykemittarin laitteistoon ja projektin tarpeet huomioon ottamalla suunniteltiin laitteistoa, jotta voitaisiin mahdollistaa tulevaisuudessa lopputuotteelle haluttavat ominaisuudet. Lopputuotteen on oltava kevyt ja kestävä rakenteinen ja myös koko on pidettävä mahdollisimman pienenä, koska tuote suunnataan maksimivoiman mittaukseen ja käyttöolosuhteet vaativat laitteelta paljon. Tämä asetti laitteistosuunnittelulle rajoja, jotka oli huomioitava tehtäessä vertailuja eri komponenttiratkaisujen välillä. Virrankulutus oli tärkeässä osassa ratkaisuja tehtäessä. Laitteen täytyy myös tulevaisuudessa säilyttää kohtuullinen toiminta-aika, vaikka lisäominaisuudet tulevatkin kuluttamaan laitteen virtalähteen resursseja. Komponenttien on oltava nyt ja tulevaisuudenkin muutoksissa mahdollisimman vähän energiaa kuluttavia ja pienikokoisia, korkean integrointiasteen aikaansaamiseksi.

Opinnäytetyön yhteydessä vertailtiin eri valmistajien ratkaisuja projektin tarpeisiin. Eri komponenttiratkaisut ja niiden hyvien ja huonojen puolien esiintuominen auttavat toivottavasti jatkossa valitsemaan projektin kannalta parhaimmat komponentit. Tällä tavoin saadaan muodostettua lopputuote toimivaksi kokonaisuudeksi, joka mahdollistaa laitteen laitteistosuunnittelun myös jatkossa mahdollisimman helposti ja kustannustehokkaasti.

Opinnäytetyössä esillä olleet lisälaite-, LED- ja muistikartoitus ja mikrokontrollerivertailu koettiin tarpeellisiksi projektin edetessä, jotta tuotteen ominaisuuksia voitaisiin kehittää haluttuun suuntaan. Viikko- ja kuukausipalavereissa pohdittiin projektiryhmän kesken tuotekehityksen seuraavia vaiheita, ja elektroniikkasuunnittelijan tehtävänä oli etsiä mahdollisimman hyviä ratkaisuja projektin kannalta.

Opinnäytetyön dokumentoinnin loppuvaiheessa olleen muistikartoituksen perusteella hankittiin projektia varten flash-muistipiirejä. Näiden integrointiin perehtyminen ja myös mahdollinen kontrollerin vaihto jäävät tämän

opinnäytetyön ulkopuolelle. Ensisijaisena päivityskohteena laitteistopuolella oli lisämuistin integrointi ja se on seuraava osa-alue, johon kesäharjoittelussa perehdytään. Myös palautteen antamiseksi vertaillut LED-komponentit tulevat integroitaviksi vasta myöhemmin ja niiden integrointia koskevia kysymyksiä ei ole käsitelty.

Tuotteen pohjana toimiva Chronos EZ430 -sykemittari oli laitteena erittäin mielenkiintoinen kehityskohde. Laitteesta oli saatavilla kattavat datalehdet ja laite oli kehitetty silmällä pitäen sen jatkokehitystä, mutta hyvin harva oli kehittänyt Chronoksen laitteistoa. Sen sijaan laitteen ohjelmistopuolta oli kehitetty paljonkin ja siihen oli tarjottu hyvät mahdollisuudet avoimen koodin, ohjelmointiliitännän ja kattavan ohjelmiston avulla. Haasteellista oli erityisesti laitteen korkea integrointiaste ja erittäin vähäinen virrankulutus, joka täytyi huomioida projektin jokaisessa vaiheessa.

Lopputuotteeseen haluttavat ominaisuudet tekivät suunnittelusta vaativaa. Lopputuotteen muotoilu, tulevaisuuden näyttöratkaisut ja palautteen antamiseen käytettävät ratkaisut tulevatkin varmasti muokkaamaan Chronoksen laitteistoa vielä jatkossa. Yhteistyö ohjelmistokehityksen kanssa tulee varmasti myös lisääntymään, kun aletaan suunnitella ohjelmistojen asennusta uuteen muistipiiriin ja antamaan palautetta esimerkiksi valolla. Prototyyppivaiheeseen tuleva laite tuleeikin varmasti olemaan haastava kehitysympäristö. Lähitulevaisuudessa markkinoille tullaan lanseeraamaan uusi, kilpailukykyinen ja innovatiivinen mittalaite.

Lähdin mukaan kehittämään MUSTI-projektin sykemittaria loppusyksystä 2010. Musti-projekti on ollut käynnissä jo vuodesta 2004 ja laitteisto-suunnittelun tavoitteena oli mahdollistaa markkinoitavan tuotteen ominaisuudet, yhdessä muiden suunnitteluun osallistuvien tahojen kanssa. Laitteistopuolen suunnittelu ja kehitys oli minulle kiinnostava ja haastava opinnäytetyön aihe, koska olen myös vapaa-ajalla jonkin verran harrastanut elektronikan rakentelua opintojen ohessa.

Aiempaa kokemusta minulla ei ollut markkinoille lanseerattavan tuotteen laitteistosuunnittelusta, joka oli paljon haasteellisempaa kuin yksityiskäyttöön suunnatun tuotteen suunnittelu. Eri ratkaisujen käyttöoikeudet on täytynyt huomioida lopputuotteessa ja miettiä tarkoin eri ratkaisujen vaikutuksia lopputuotteessa. Suunnittelun tärkeys onkin korostunut ja toivottavasti hyvällä suunnittelulla vältetään jatkossa suuremmat ongelmat tuotekehityksessä.

LÄHTEET

1. eZ430-Chronos™ Development Tool, User's Guide. 2010. Saatavissa: <http://focus.ti.com/lit/ug/slau292c/slau292c.pdf>. Hakupäivä 10.11.2011.
2. 4GB sporty mp4 / mp3 watch player. 2011. Saatavissa: http://www.smallworld-us.com/4gb-sporty-mp4-mp3-watch-player-18-inch-tft-screen-cavs006_p36194.html. Hakupäivä 12.12.2010.
3. CNS-MP1 player. 2011. Saatavissa: http://www.canyon-tech.com/news/canyon_news/Canyon-CNS-MP1. Hakupäivä 12.12.2010.
4. Make:™ technology on your time- sivusto. 2010. Saatavissa: <http://teuthis.com/daisy/index.html>. Hakupäivä 14.12.2010.
5. Daisy v1.4-datalehti. 2009. Saatavissa: http://www.teuthis.com/mp3/Daisy_mp3/instructions_daisy.pdf . Hakupäivä 15.12.2010.
6. Hahto, Lasse. 2008. Taipuisan elektroniikan suunnittelu. Tampereen teknillinen yliopisto. Diplomityö. Saatavissa: http://www.ele.tut.fi/en/research-en/personalelectronics/kankaanpaa/projects/design/Diplomityo_lasse_hahto.pdf. Hakupäivä 1.2.2011.
7. Texas Instruments. 2010. CC430F6137-datalehti. Saatavissa: <http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/cc430f6137.pdf>. Hakupäivä 10.11.2010.

8. NXP semiconductors. 2009. LPC 3130/3131-datalehti. Saatavissa:
http://www.nxp.com/documents/data_sheet/LPC3130_3131.pdf.
Hakupäivä 4.3.2011.
9. Ball grid array. 2011. Saatavissa:
http://en.wikipedia.org/wiki/Ball_grid_array. Hakupäivä
4.4.2011.
10. Flash memory. 2011. Saatavissa:
http://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory. Hakupäivä
15.4.2011.
11. SST® A Microchip Technology Company. 2011. 32 Mbit SPI
Serial Flash SST25VF032B- datalehti. Saatavissa:
<http://www.sst.com/dotAsset/40373.pdf> . Hakupäivä 15.4.2011.

LIITTEET

Liite 1. (OAMK:n tekniikan yksikön käytössä)

Liite 2. (OAMK:n tekniikan yksikön käytössä)

Liite 3. (OAMK:n tekniikan yksikön käytössä)

